

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **07303090 A**(43) Date of publication of application: **14 . 11 . 95**

(51) Int. Cl.

H04J 4/00
H04J 3/16
(21) Application number: **07124513**(22) Date of filing: **26 . 04 . 95**(30) Priority: **28 . 04 . 94 US 94 234197**(71) Applicant: **AT & T CORP**
(72) Inventor: **GITLIN RICHARD D**
HAAS ZYGMUNT
KAROL MARK J
WOODWORTH CLARK

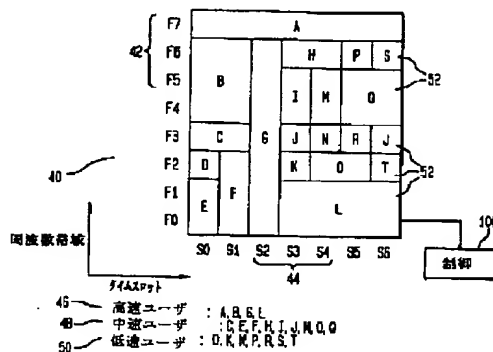
(54) **SYSTEM AND METHOD FOR OPTIMIZING USE
OF SPECTRUM**

COPYRIGHT: (C)1995,JPO

(57) Abstract:

PURPOSE: To provide a system and a method for optimizing the usage of a communications transmission media.

CONSTITUTION: In order to generate time-frequency slices to be assigned to various access rates and user's application requirements a transmission medium is sliced into time and frequency regions. By scheduling various speed users in the time and frequency regions, an available spectrum can be efficiently assigned and used. While keeping a cost effective access for low-speed user 50, this method is suitable for a high-speed user 46 requiring the assignment of wide-band width and time slot 44. Corresponding to a signal modulating system, a time-frequency slice can be assigned to non-continuous frequency bands. By slicing an available code space together with a time-code region and frequency-code region or three-dimensional time-frequency-code regions, this method can be applied to code-division multiple accesses as well. In order to optimize the use of the communication medium users can be efficiently scheduled based on code space requirements.



BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-303090

(43) 公開日 平成7年(1995)11月14日

(51) Int.Cl.⁶

H 0 4 J 4/00
3/16

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

Z

審査請求 未請求 請求項の数43 F D (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願平7-124513

(22) 出願日 平成7年(1995)4月26日

(31) 優先権主張番号 2 3 4 1 9 7

(32) 優先日 1994年4月28日

(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(71) 出願人 390035493

エイ・ティ・アンド・ティ・コーポレーション

AT&T CORP.

アメリカ合衆国 10013-2412 ニューヨーク
ニューヨーク アヴェニュー オブ
ジ アメリカズ 32

(72) 発明者 リチャード デイ、ジトリン

アメリカ合衆国、07739 ニュージャージー
ー、 リトルシルバー、ウィンザー ドライブ 42

(74) 代理人 弁理士 三俣 弘文

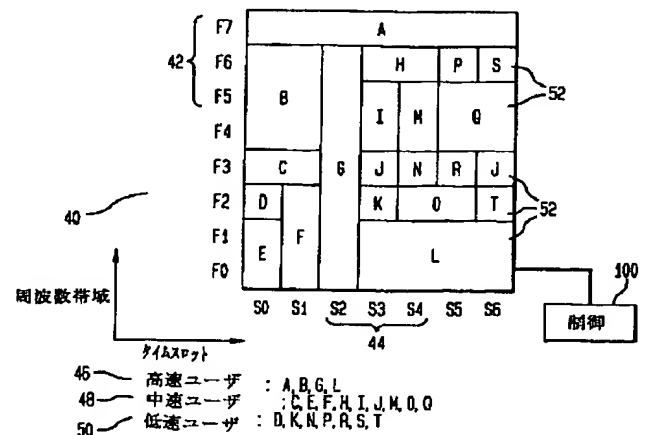
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 スペクトル使用の最適化システム及び方法

(57) 【要約】

【目的】 通信伝送媒体の使用量を最適化するシステム及び方法を提供する。

【構成】 各種アクセス速度及びユーザ用途要件を有するユーザへ割当てするための時間一周波数スライスを生成するために、伝送媒体は、時間及び周波数領域へスライスすることができる。時間及び周波数領域内の各種速度ユーザをスケジューリングすることにより、使用可能スペクトルを効率的に割当て、使用可能にする。低速ユーザ用の費用対効果に優れたアクセスを保持しながら、広帯域幅とタイムスロット割当てを必要とする高速ユーザに適合することができる。信号変調方式に応じて、時間一周波数スライスは被連続周波数帯域に割当てることができる。時間一符号領域、周波数一符号領域又は3次元の時間一周波数一符号領域と共に使用可能符号スペースをスライスすることにより、符号分割マルチアクセスにも応用できる。通信媒体の使用を最適化するために、符号スペース要件に基づいて効率的に予定化することができる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ユーザ用途及びアクセス速度の異なる複数のユーザによる通信伝送媒体のスペクトル使用を最適化するシステムであり、

少なくとも 2 つの次元に沿って通信伝送媒体をスライシングする手段と、

少なくとも 2 つの次元を前記通信伝送媒体内の複数の単位スライスにスライシングする手段と、

前記複数のユーザのうちの一人以上のユーザを前記通信伝送媒体内の前記複数の単位スライスの内の少なくとも一つの単位スライスにスケジューリングする手段とからなることを特徴とするスペクトル使用の最適化システム。

【請求項 2】 少なくとも 2 つの次元は周波数及び時間次元からなる請求項 1 のシステム。

【請求項 3】 少なくとも 2 つの次元は符号及び時間次元からなる請求項 1 のシステム。

【請求項 4】 少なくとも 2 つの次元は符号及び周波数次元からなる請求項 1 のシステム。

【請求項 5】 ユーザ用途及びアクセス速度の異なる複数のユーザによる通信伝送媒体のスペクトル使用を最適化するシステムであり、

通信伝送媒体における複数の周波数スライスと、

通信伝送媒体における複数の時間スライスと、

通信伝送媒体に包含される複数の時間スライス及び複数の周波数スライスの双方に沿って、通信伝送媒体を複数の時間一周波数スライスにスライシングする手段と、前記ユーザのうちの一人以上のユーザを、通信伝送媒体の複数の時間一周波数スライスのうちの少なくとも一つのスライスにスケジューリングする手段とからなることを特徴とするスペクトル使用の最適化システム。

【請求項 6】 時間一周波数スライスは、時間スライス割当てのうちの一つにより測定される周波数スライス割当てのうちの一つからなる請求項 5 のシステム。

【請求項 7】 スケジューリング手段は、ユーザ用途及び前記ユーザのアクセス速度に基づいて、ユーザを前記時間一周波数スライスにスケジューリングする請求項 6 のシステム。

【請求項 8】 スケジューリング手段は、前記ユーザのユーザ用途及びアクセス速度に基づいて、ユーザを前記時間一周波数スライスにスケジューリングし、前記時間一周波数スライスのうちの少なくとも 2 つは通信伝送媒体内の少なくとも 2 つの周波数スライスにより連続的割当てを形成する請求項 6 のシステム。

【請求項 9】 スケジューリング手段は、前記ユーザのユーザ用途及びアクセス速度に基づいて、ユーザを前記時間一周波数スライスにスケジューリングし、前記時間一周波数スライスのうちの少なくとも 2 つは通信伝送媒体内の少なくとも 2 つの時間スライスにより連続的割当てを形成する請求項 6 のシステム。

【請求項 10】 複数のユーザにより伝送される各信号は、通信伝送媒体内の複数の周波数スライスのうちの少なくとも一つの周波数スライスを占有する請求項 6 のシステム。

【請求項 11】 複数のユーザにより伝送される各信号は、通信伝送媒体内の複数の時間スライスのうちの少なくとも一つの時間スライスを占有する請求項 6 のシステム。

【請求項 12】 スケジューリング手段は、2 人以上のユーザを、前記通信伝送媒体内の共通時間スライス割当てを有する 2 つ以上の時間一周波数スライスにスケジューリングする請求項 6 のシステム。

【請求項 13】 スケジューリング手段は、1 人以上のユーザを、前記通信伝送媒体内の共通周波数スライス割当てを有する 2 つ以上の時間一周波数スライスにスケジューリングする請求項 6 のシステム。

【請求項 14】 ユーザ用途及びアクセス速度の異なる複数のユーザによる通信伝送媒体のスペクトル使用を最適化するシステムであり、

通信伝送媒体における複数の周波数スライスと、

通信伝送媒体における複数の時間スライスと、

通信伝送媒体を複数の時間一周波数スライスにスライシングする手段と、前記各時間一周波数スライスは、一つの時間スライス割当てにより測定される一つの周波数スライス割当てに少なくとも等しい、通信伝送媒体内のスペースを占有する、

一人以上のユーザを通信伝送媒体内の少なくとも一つの時間一周波数スライスにスケジューリングする手段とからなることを特徴とするスペクトル使用の最適化システム。

【請求項 15】 前記ユーザのうちの少なくとも一人のユーザは、前記通信伝送媒体内の 2 つ以上の周波数スライス割当てにより各伝送信号を変調し、前記ユーザのうちの少なくとも一人のユーザは、前記通信伝送媒体内の 2 つ以上の周波数スライス割当てを越えて延びる 2 つ以上の時間一周波数スライスを占有する請求項 14 のシステム。

【請求項 16】 2 つ以上の時間一周波数スライスは連続的割当てを形成する請求項 15 のシステム。

【請求項 17】 2 つ以上の時間一周波数スライスは連続的割当てを形成しない請求項 15 のシステム。

【請求項 18】 少なくとも一人のユーザにより変調される伝送信号はマルチトーン方式により変調される請求項 15 のシステム。

【請求項 19】 少なくとも一人のユーザはチャネル化セルラ信号を変調し、多重周波数チャネルは前記ユーザに割当てられる請求項 18 のシステム。

【請求項 20】 ユーザ用途及びアクセス速度の異なる複数のユーザによる通信伝送媒体のスペクトル使用を最適化するシステムであり、

通信伝送媒体における複数の周波数スライスと、
通信伝送媒体における複数の時間スライスと、
通信伝送媒体を複数の時間一周波数スライスにスライ
シングする手段と、前記各時間一周波数スライスは、一つ
の時間スライス割当てにより測定される少なくとも一つの
周波数スライス割当てに等しい、通信伝送媒体内のス
ペースを占有する、
前記ユーザのうちの少なくとも一人のユーザは、前記通
信伝送媒体内の２個以上の周波数スライス割当てをカバ
ーするためにユーザの各信号を変調し、
一人以上のユーザを通信伝送媒体内の少なくとも一つの
時間一周波数スライスにスケジューリングする手段とから
なることを特徴とするスペクトル使用の最適化システ
ム。

【請求項 2 1】 少なくとも一人のユーザは、マルチ
トン方式で各信号を変調し、前記ユーザにより変調され
る各トーンは個別の周波数スライスに割当てられる請求
項 2 0 のシステム。

【請求項 2 2】 少なくとも一人のユーザにより変調さ
れるトーンの個数は前記少なくとも一人のユーザのユー
ザ用途及びアクセス速度に基づく請求項 2 1 のシステ
ム。

【請求項 2 3】 周波数スライス割当ては非連続的であ
る請求項 2 1 のシステム。

【請求項 2 4】 周波数スライスは連続的である請求項
2 1 のシステム。

【請求項 2 5】 ユーザ用途及びアクセス速度の異なる
複数のユーザによる符号分割マルチアクセス（CDM
A）伝送媒体のスペクトル使用を最適化するシステムで
あり、
伝送媒体内に包含される符号スペース量を集合的に示す
複数の符号スライス割当てと、
伝送媒体内の複数の周波数スライスと、
伝送媒体を複数の符号一周波数スライスにスライシング
する手段と、
一人以上のユーザを、伝送媒体内の少なくとも一つの符
号一周波数スライスにスケジューリングする手段とから
なり、
前記スケジューリング手段は、伝送媒体内の各ユーザに
より寄与される干渉レベルに基づいて符号スペース量を
スケジューリングし、スケジューリングは、各符号一周波
数スライスに関するユーザの人数及びタイプに基づくこ
とを特徴とするスペクトル使用の最適化システム。

【請求項 2 6】 ユーザにより伝送媒体内に伝送される
信号は、前記伝送媒体内の符号スペース量が割当てられ
る請求項 2 5 のシステム。

【請求項 2 7】 符号スペース量はユーザに割当てられ
る符号の長さに反比例する請求項 2 6 のシステム。

【請求項 2 8】 ユーザ用途及びアクセス速度の異なる
複数のユーザによる符号分割マルチアクセス（CDM

A) 伝送媒体のスペクトル使用を最適化するシステムで
あり、
伝送媒体内に包含される符号スペース量を集合的に示す
複数の符号スライス割当てと、
伝送媒体内の複数の時間スライスと、
伝送媒体を複数の符号時間スライスにスライシングす
る手段と、
一人以上のユーザを、伝送媒体内の少なくとも一つの符
号時間スライスにスケジューリングする手段とからなり、
前記スケジューリング手段は、伝送媒体内の各ユーザに
より寄与される干渉レベルに基づいて符号スペース量を
スケジューリングし、スケジューリングは、各符号時間ス
ライスに関するユーザの人数及びタイプに基づくことを
特徴とするスペクトル使用の最適化システム。

【請求項 2 9】 伝送媒体内のユーザにより伝送される
信号は、前記伝送媒体内の符号スペース量が割当てられ
る請求項 2 8 のシステム。

【請求項 3 0】 符号スペース量はユーザに割当てられ
る符号の長さに反比例する請求項 2 9 のシステム。

【請求項 3 1】 ユーザ用途及びアクセス速度の異なる
複数のユーザによる符号分割マルチアクセス（CDM
A）伝送媒体のスペクトル使用を最適化するシステムで
あり、
伝送媒体内に包含される符号スペース量を示す複数の符
号スライス割当てと、
伝送媒体内の複数の時間スライスと、
伝送媒体を複数の符号時間スライスにスライシングす
る手段と、

前記伝送媒体内に包含される一群の個別符号と、
或る長さを有する個別符号を前記伝送媒体のユーザに割
当てる手段と、前記個別符号の長さは前記ユーザにより
占有されるべき符号スペースの量に反比例する、
一人以上のユーザを、伝送媒体内の少なくとも一つの符
号時間スライスにスケジューリングする手段とからなり、
前記スケジューリング手段は、伝送媒体内のユーザの符
号スペース要件に基づき、個別長さの符号を前記ユーザ
に割当てることを特徴とするスペクトル使用の最適化シ
ステム。

【請求項 3 2】 個別符号のうちの少なくとも一つの符
号は、伝送媒体内の少なくとも一つの個別符号の一時的
占有に基づいて、ユーザに再割当てされる請求項 3 1 の
システム。

【請求項 3 3】 ユーザ用途及びアクセス速度の異なる
複数のユーザによる符号分割マルチアクセス（CDM
A）伝送媒体のスペクトル使用を最適化するシステムで
あり、
伝送媒体内に包含される符号スペース量を示す複数の符
号スライス割当てと、

伝送媒体内の複数の時間スライスと、
 伝送媒体内の複数の周波数スライスと、
 伝送媒体を複数の符号-時間-周波数スライスにスライ
 シングする手段と、
 一人以上のユーザを、伝送媒体内の少なくとも一つの符
 号-時間-周波数スライスにスケジューリングする手段
 とからなり、
 前記スケジューリング手段は、符号スペース量を伝送媒
 体内の各ユーザにスケジュールすることを特徴とするス
 ペクトル使用の最適化システム。

【請求項 3 4】 スケジューリング手段は、前記ユーザ
 のユーザ用途及びアクセス速度に基づいて、ユーザを前
 記符号-時間-周波数スライスに割当てる請求項 3 3 の
 システム。

【請求項 3 5】 異なるユーザ用途及びアクセス速度の
 複数のユーザによる通信伝送媒体のスペクトル使用を最
 適化する方法であり、
 伝送媒体を複数の周波数スライスに分割するステップ
 と、
 伝送媒体を複数の時間スライスに分割するステップと、
 伝送媒体を複数の時間-周波数スライスにスライシ
 ングするステップと、各時間-周波数スライスは一つの時間
 スライスを越えて延びる一つの周波数スライスに少なく
 とも等しいスペースを占有する、
 通信伝送媒体内に包含されるスペースの占有を最適化す
 るために、一人以上のユーザを、伝送媒体内の時間-周
 波数スライスの少なくとも一つにスケジューリングする
 ステップとからなることを特徴とするスペクトル使用の
 最適化方法。

【請求項 3 6】 スケジューリングステップは、高度な
 伝送及びアクセス速度を有するユーザに 2 個以上の単位
 スライスをスケジューリングするステップを更に有する
 請求項 3 5 の方法。

【請求項 3 7】 2 個以上の時間-周波数スライスをス
 ケジューリングするステップは、連続的周波数割当てを
 有する 2 個以上の時間-周波数スライスをスケジューリ
 ングするステップを含む請求項 3 6 の方法。

【請求項 3 8】 ユーザにより発信される信号を、通信
 伝送媒体内の 2 個以上の周波数スライスを介して変調す
 るステップを更に有する請求項 3 5 の方法。

【請求項 3 9】 スケジューリングステップは、非連続
 的周波数スライス割当てを有する 2 個以上の時間-周波
 数スライスをスケジューリングするステップからなる請
 求項 3 8 の方法。

【請求項 4 0】 異なるユーザ用途及びアクセス速度の
 複数のユーザによる CDMA 通信伝送媒体のスペクトル
 使用を最適化する方法であり、
 伝送媒体内に包含される符号スペース量を集合的に示す
 複数の符号スライス割当てに伝送媒体をスライシ
 ングするステップと、

伝送媒体を複数の時間スライス割当てにスライシ
 ングするステップと、

伝送媒体を複数の符号-時間スライスにスライシ
 ングするステップと、各符号-時間スライスは、一つの時間ス
 ライス割当てを越えて延びる一つの符号スライス割当て
 に少なくとも等しいスペースを占有する、

通信伝送媒体内に包含される符号スペースの占有を最適
 化するために、各ユーザにより必要とされる符号スペ
 スの量に応じて、一人以上の前記ユーザを伝送媒体内の
 少なくとも一つの符号-時間スライスにスケジューリ
 ングするステップとからなることを特徴とするスペクトル
 使用の最適化方法。

【請求項 4 1】 異なるユーザ用途及びアクセス速度の
 複数のユーザによる CDMA 通信伝送媒体のスペクトル
 使用を最適化する方法であり、

伝送媒体内に包含される符号スペース量を集合的に示す
 複数の符号スライス割当てに伝送媒体をスライシ
 ングするステップと、

伝送媒体を複数の周波数スライス割当てにスライシ
 ングするステップと、

伝送媒体を複数の符号-周波数スライスにスライシ
 ングするステップと、各符号-周波数スライスは、一つの時
 間スライス割当てを越えて延びる一つの符号スライス割
 当てに少なくとも等しいスペースを占有する、

通信伝送媒体内に包含される符号スペースの占有を最適
 化するために、各ユーザにより必要とされる符号スペ
 スの量に応じて、一人以上の前記ユーザを伝送媒体内の
 少なくとも一つの符号-周波数スライスにスケジューリ
 ングするステップとからなることを特徴とするスペクトル
 使用の最適化方法。

【請求項 4 2】 異なるユーザ用途及びアクセス速度の
 複数のユーザによる CDMA 通信伝送媒体のスペクトル
 使用を最適化する方法であり、

伝送媒体内に包含される符号スペース量を集合的に示す
 複数の符号スライス割当てに伝送媒体をスライシ
 ングするステップと、

伝送媒体を複数の時間スライス割当てにスライシ
 ングするステップと、

伝送媒体を複数の符号-時間スライスにスライシ
 ングするステップと、各符号-時間スライスは、一つの時間ス
 ライス割当てを越えて延びる一つの符号スライス割当て
 に少なくとも等しいスペースを占有する、

伝送媒体内に包含される一群の個別符号から符号を個別
 ユーザに割当てるステップと、前記個別符号の長さは前
 記ユーザにより媒体内で占有されるべき符号スペースの
 量に反比例する、

一人以上の前記ユーザを伝送媒体内の少なくとも一つの
 符号-時間スライスにスケジューリングするステップと
 からなり、

スケジューリング手段は、通信伝送媒体内に包含される

符号スペースの占有を最適化するために、個別長さの符号を、ユーザの符号スペース要件に基づいてユーザに割当てることからなることを特徴とするスペクトル使用の最適化方法。

【請求項 43】 異なるユーザ用途及びアクセス速度の複数のユーザによる CDMA 通信伝送媒体のスペクトル使用を最適化する方法であり、
伝送媒体内に包含される符号スペース量を示す複数の符号スライス割当てに伝送媒体をスライシングするステップと、
伝送媒体を、伝送媒体内の複数の時間スライスにスライシングするステップと、
伝送媒体を、伝送媒体内の複数の周波数スライスにスライシングするステップと、
伝送媒体を、複数の符号-時間-周波数スライスにスライシングするステップと、
通信伝送媒体内に包含される符号スペースの占有を最適化するために、各ユーザにより必要とされる符号スペースの量に応じて、一人以上の前記ユーザを伝送媒体内の少なくとも一つの符号-時間-周波数スライスにスケジューリングするステップとからなることを特徴とするスペクトル使用の最適化方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は通信伝送媒体の使用量を最大にするシステム及び方法に関する。更に詳細には、本発明は、異なるアクセス速度のユーザのために媒体への最適アクセスを保持しながら、かつ、スペクトル消費及び帯域幅効率を最大にしつつ、通信伝送媒体の使用量を最大にするシステム及び方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 ワイヤレス通信、衛星通信、個人通信及びセルラ通信システムなどのような現在の多数の通信システムは一般的に、特定の共通要件を示す。例えば、これらシステムの柔軟性を最大にするために、これらの通信システムは一般的に、異なる用途をサポートするために様々なアクセス速度が必要である。経済的に実行可能であるために、このシステムは低速ユーザに概して安価なアクセスも提供しなければならない。最後に、このシステムは、特定の通信伝送媒体の使用量を最大にするために、高度なスペクトル効率に努力する。

【0003】 要求に応じて個々のユーザに通信リソースを割り当てるために、特定のデータ伝送アーキテクチャが通信システムで開発されている。一般的に、これらのアーキテクチャは、様々なユーザが完全共用通信システムにおけるリソースを使用可能するように構成されていなければならない。従って、様々なアーキテクチャは一般的に、“マルチアクセス”アーキテクチャと呼ばれる。

【0004】 図1を参照する。通信伝送媒体の使用量を

最大にするマルチアクセスアーキテクチャは一般的に、時分割マルチアクセス (TDMA) と呼ばれる。TDMA では、各搬送周波数 1 は複数の個別タイムスロット 4 を有する 1 個以上のタイムフレーム 2 で共用される。各タイムスロット 4 は独立回路としてユーザに割り当てられる。情報は、タイムスロットの割り当て又は特定中に、ショートバーストでユーザにより伝送される。

【0005】 この場合、ユーザは、彼らの情報伝送要件に応じて、タイムスロット 4 へのアクセスを予定される。しかし、純粋な TDMA アーキテクチャでは、高速及び低速の両方のユーザとも共通の通信帯域幅を共用する。例えば、高速ユーザにフレーム毎に多数のタイムスロットを割り当てることにより共用する。このアーキテクチャの欠点は、低速ユーザについてさえも、高速アクセス (高速データバースト) が必要とされることである。これにより、これら低速ユーザにより使用されるシステムのコスト及び複雑さが増大する。

【0006】 通信伝送媒体を構成する第 2 のマルチアクセス方法は、周波数分割マルチアクセス (FDMA) と呼ばれる。FDMA 方法を図 2 に示す。TDMA と異なり、FDMA 方法は時間に無関係である。FDMA では、多数の個別化された狭周波数帯域チャネル 12 周波数ドメイン (スペクトル) 10 の全域で使用される。FDMA では、チャネルの全域にわたって個別化タイムスロットに区分けするよりもむしろ、チャネル 12 毎に一つの回路 14 が割り当てられ、一般的に、ユーザは周波数スペクトル 10 における任意の周波数 12 にアクセスできる。

【0007】 純粋の FDMA アーキテクチャの欠点は、特定のユーザが極く短時間の間だけ大きなピーク帯域幅を望む場合でさえも、個々のユーザが利用できる最大帯域幅がしばしば限定されることである。一層大きな帯域幅にアクセスするためには、ユーザはしばしば、同時に数個の周波数へのアクセスが可能な複数の送信機を使用しなければならない。これは、これらのユーザにより使用されるシステムのコストを増大させる。

【0008】 更に、ユーザが周波数 12 を占有する時間に拘わらず、単一のユーザしか所定の周波数を占有することができないので、周波数スペクトル 10 は完全には使用できない。

【0009】 前記の様々な通信システムにおける異なる通信要件を有するユーザをサポートする試みが行われた。例えば、任意アクセス速度のユーザをサポートするため、また、低速ユーザの安価なアクセスを維持するために、“汎用タイムスロット”方法が、R. A. Thompson, J. J. Horenkamp 及び G. D. Berglund により提案された。(Phototonic Switching of Universal Time Slot, XIII International Switching Symposium Proceedings, Section C2 Paper 4, Stockholm, May 1990)。この汎用タイムスロット方法を図 3 に示す。

【0010】汎用タイムスロット方法では、リアルタイム20における各伝送フレーム22は、セット持続時間（例えば、ナノ秒）の複数の個別タイムスロット24に分割される。このタイムスロット24は、異なる媒体帯域幅量を用いて、所定数の音声ビット（nビット）又は画像ビット（mビット）を伝送できる。いわゆる“データ透明性”は各タイムスロットで生成される。各タイムスロットにおける信号は一般的に、非同期で生成され、受信される。

【0011】通信システムの使用を最大にする別の試みは、Zygmunt Hass及びRichard D. Gitlin により提案されている。この試みは“フィールド符号化”を使用する。（Optical Distribution Channel: An Almost-All Optical LAN Based On The Field Coding Technique, Journal of High-Speed Networks 1 (1992), pp. 193-214）一般的に、光伝送に使用される“フィールド符号化”は、ピークデータ伝送速度で動作させるために、光交換ノードを必要とする高コストな悪条件を有する。

【0012】フィールド符号化は、ヘッダ（26）のビット伝送速度と光パケット（図4参照）のデータフィールド（27）のビット伝送速度との相違を利用することにより、スイッチング速度と伝送速度を分離する。保護バンド28は個々のユーザ伝送を分離するために使用される。交換ノードはスイッチング動作だけを行い、パケットのデータ部分を処理する必要があるないので、交換ノードは低ヘッダ速度で動作することができ、これにより高速データフィールドは交換ノードを透過的に通過できる。

【0013】前記の提案された2つの方法とも、ユーザは、ユーザに割当てられたタイムスロット中にユーザ自身の所望の伝送速度で伝送させることができる。しかし、帯域幅が広大な光媒体には適当であっても、これらの技術は実際、スペクトル的には非効率である。前記の通信システム（例えば、無線）の場合、使用可能な通信伝送媒体は非常に限定され、しかも、大抵高コストである。一般的に、様々な通信システムのユーザによるアクセスに使用可能な帯域幅は極僅かしか存在しない。

【0014】

【発明が解決しようとする課題】従って、本発明の目的は伝送媒体の効率的な使用を可能にする新規なシステムを提供することである。

【0015】

【課題を解決するための手段】前記課題を解決するために、本発明は、通信伝送媒体の完全使用状況を最大にするシステム及び方法を提供する。本発明のシステム及び方法によれば、伝送媒体は、周波数、時間及び符号領域に区分けできる。また、最適スケジューリングにより、スペクトル効率を最適化するために、全周波数-時間-符号領域内のユーザパッキングを最大にすることができる。本発明のシステム及び方法は、低アクセス速度要件

を有するユーザのための安価なアクセスも保存する。

【0016】“時間一周波数”領域に区分けされた伝送リソースは、ユーザの様々な伝送要件に応じてユーザに割当てられた複数の時間一周波数“スライス”に分割される。高速ユーザの場合、変調及び伝送アーキテクチャ（例えば、高伝送速度ユーザ用の単一送信機）の設計を最適化するために、周波数スロットは通常、連続的に割当てられる。周波数隣接要件を軽減させることができる場合、高速ユーザは2個以上の非連続時間一周波数スライスを割当て、スペクトル効率を更に最大化することができる。

【0017】本発明のシステム及び方法によれば、符号空間の最適パッキングを説明するために、時間一周波数スライス法は符号分割多重アクセス（CDMA）によるデータ伝送にも適用できる。使用可能な符号空間の使用を最適化するために、CDMA伝送スペクトルを、符号-時間領域、符号一周波数領域又は3次元法における符号-時間一周波数領域に区分けすることができる。

【0018】本発明のシステム及び方法は、広範囲なアクセス速度に適応する能力、低速ユーザのための低コスト終点の設備及び各ユーザ毎の単一送信機/受信機対だけしか必要ないことに加えて、例えば、汎用タイムスロット法よりも優れたスペクトル使用をもたらす。

【0019】

【実施例】以下、図面を参照しながら本発明を具体的に説明する。

【0020】図5は、本発明による時間一周波数スライス法を例証する構成図である。図示されているように、全体的な時間一周波数スペクトル（又は媒体）40は、複数の個別タイムスロット（“スライス”）44（S0, S1, . . . SN）にわたって延びる複数の周波数帯域（“スライス”）42（F0, F1, . . . FN）として、時間及び周波数領域の両方に区分けすることができる。スペクトルのユーザは次の3種類の包括グループに類別することができる。

【0020】高速ユーザ46（A, B, G, L）、中速ユーザ48（C, E, F, H, I, J, M, O, Q）及び低速ユーザ50（D, K, N, P, R, S, T）。図5に示されるように、複数の時間一周波数“スライス”52は全体的な時間一周波数スペクトル40に格子化される。

【0021】本発明のシステム及び方法によれば、ユーザ46, 48, 50により伝送された各種信号の全てが少なくとも一つの周波数帯域42を占有するものと仮定される。更に、一般的に、高速ユーザ46により使用される装置の性質により、高速ユーザ46は、一つ以上の周波数帯域42をカバーするために、信号を変調することができる。従って、図示されているように、全体的な媒体はスライスすることができ、これにより低速ユーザ50はフレーム内の使用可能なタイムスロット44のうち

の一つ以上のスロットを満たすことができ、一方、高速ユーザは使用可能な周波数帯域42又はタイムスロット44のうちの一つ以上を満たすことができる。

【0022】一つのタイムスロット割当てについて一つの周波数帯域割当てであると見做される“スライス”の1“単位”は、ユーザが利用できる最小量の通信リソースである。他の伝送技術（例えば、図3の汎用タイムスロット法）と異なり、所定のユーザに割当てられる、連続的周波数帯域42間又はタイムスロット44間もしくは双方との間で保護バンド“28”は不要である。従って、媒体の完全使用が最適化される（言うまでもなく、保護バンド28は異なるユーザを分離するために必要である）。

【0023】単一のユーザが連続的割当てを占有する場合、連続的周波数帯域42及び／又は連続的タイムスロット44割当てが実現される。なぜなら、同じユーザが保護バンド28により通常占有される空間を使用するからである。単位スライスの具体例は図5に示されている。図5では、時間一周波数スライスは例えば、様々な低速ユーザ（すなわち、ユーザD、K、Nなど）により占有される。

【0024】従って、ユーザは各送信機（図示されていない）を使用することにより、様々なユーザ46、48、50は、媒体40内のユーザを最適スケジューリングすることにより使用可能な時間一周波数媒体40の使用を効率的にするために、タイムスロット44毎に、信号を一つ以上の使用可能な周波数帯域42に変調できる。全体的媒体内の様々な速度のユーザ46、48、50の実際の位置決め（スケジューリング）は、個々のユーザの要望、低速／中速／高速ユーザの相対的人数などのような要因に基づいて決定できる。

【0025】伝送媒体40をスライスし、媒体内のユーザ46、48、50の位置決めを実現する一つの方法は、中央制御100を配設することである。中央制御100は、周波数帯域割当て42及びタイムスロット44に従って、媒体40内の空間の使用可能性の状態を包含するルックアップテーブルを維持するか、さもなければキープする。その後、中央制御100は、ユーザにより要求された媒体40の量及び／又はユーザに既に割当てられた媒体40の量のような要因に基づいて、個々のユーザ46、48、50へ、特定の時間一周波数スライス52の割当てを与える。

【0026】従って、個々のユーザは、適当な信号構成及び／又は変調により被割当時間一周波数スライス52内に整列される。媒体40の使用可能性に基づいて、中央制御100は、特定の時間一周波数スライス52を所定のユーザに割当てることができ、これにより、全体的媒体40の完全使用を最適化するためにユーザ46、48、50により為される“将来”要求を予想することができる。制御100は例えば、通常、個々のサービス提

供者により維持されるような、蓋然性研究、履歴的又は計画的負荷要件などの使用により、このような要件を予想することができる。

【0027】媒体40の使用スペクトルをもたらす別の方法は、使用可能な時間一周波数スライス52へユーザ46、48、50をランダムに割当てることによる。本発明のシステム及び方法によりスライシング及びスケジューリングを行う別の方法は、当業者に容易に想像されるか又はさもなければ結論付けることができる。

【0028】スケジューリングにより、時間一周波数スペクトル40は汎用タイムスロット法により可能な方法よりも一層効率的な方法で満たすことができる。純粋なTDMA法とは異なり、共通の帯域幅は不要である。そのため、本発明のシステム及び方法は低速ユーザ50について費用対効果に優れたエントリポイントをスケジューリングすることができる。

【0029】すなわち、TDMAと異なり、ユーザは、ユーザ自身のアクセス速度で動作することができ、更に、全体的時間一周波数領域40を異なるアクセス速度で動作するユーザと共用することもできる。図5に示されるように、幾つかの低速ユーザ50は、同じデザインのタイムスロット44内の異なる周波数42へ伝送するようにスケジューリングすることができる。例えば、低速ユーザS、J、及びTは同じタイムスロット56を占有する。その後、特定の他のタイムスロット44中、少数の高速ユーザ46をスケジューリングし、伝送することができる。

【0030】更に、純粋なFDMA法と異なり、所定の帯域幅42は、多数のユーザ（例えば、帯域F56に関するユーザG、B、H、P、S）により占有できる。従って、本発明のシステム及び方法は、時間一周波数スペクトル40を効率的にパッキングし、領域全体の使用を効率的に行う際の大幅な柔軟性を与える。

【0031】しばしば、高速ユーザ46には連続周波数42を割当てることが好ましい。このような連続割当ては、所定のユーザに割当てられた周波数間の保護バンドの必要性を排除する。しかし、変調方式に応じて、特定の隣接要件は緩和させることができる。例えば、“マルチトーン”方式に従って信号を変調するユーザは、データを伝送するために、連続周波数割当てが不要である。トーンはマルチビット記号を示す。

【0032】各トーンは或る周波数帯域の帯域幅に対応する速度でトグルする。従って、マルチトーン伝送の場合、2つのビットを、バイナリチャネルにおける2つの記号の代わりに、2トーン変調を用いて一つの4-関連記号として伝送することができる。

【0033】図6は、本発明の時間一周波数スライス法の変法を示す構成図であり、この方法は非連続周波数構成を使用する。例えば、マルチトーン変調で動作する高速ユーザ46は非連続周波数構成から利益をうけること

ができる。特定の高速ユーザ（図6では、符号54で示されている）は、図5で示されたものと同じユーザBをマルチトーン変調無しに使用することもできる単一の連続割当てF4-F6ではなくむしろ、帯域幅内で2つの非連続周波数割当て（“スライス”）F0及びF5-F6が割当てられる。ユーザ（ここでは、B）により変調される各トーンの各々は連続的割当ての必要無しに、各周波数割当てを占有できる。

【0034】マルチトーン法は、何人かのユーザに一層広い帯域幅を提供するために、例えば、セルラ電話システム、セルラデータシステムなどの現行チャンネル化セルラシステムを含む。広帯域幅は多チャンネルを各高速ユーザに割当てることにより行われる。割当ては連続的である必要はないので、連続的割当て（図5参照）の場合よりも多くのユーザを収容できる。ブロッキング確率は、図5に示されたような時間一周波数法の連続割当てに比べて低減させることができる。

【0035】従って、高データ転送速度は、トーンを組合わせた信号方式により高速ユーザ46に使用可能となる。これに対し、低速ユーザ50は帯域幅の単一周波数スライスしか占有しない。従って、ユーザの伝送速度はトーンの数、すなわちこのユーザについて割当てられた周波数42の数を決定する。これらのトーンは、例えば、図6におけるユーザBの場合のように、一つ以上のタイムスロット内の非連続周波数スロットにスケジュールすることもできる。実際、高速ユーザの周波数割当ての進展は、伝搬上の利点（例えば、周波数選択マルチパスフェーディングからの縮退の軽減）を与える。

【0036】図5で使用されるような単一の送信機-受信機構成は、このスケジューリング効果を得るために、マルチトーン伝送における高速ユーザにより使用されない。高速ユーザは複数の送信機を使用しなければならない。各送信機は、特定のユーザに割当てられた各周波数スライスについて使用される。しかし、全周波数スペクトルを必要とする連続伝送とは対照的に、非連続マルチトーン伝送の場合、基地局の受信機自体を簡略化することができる。

【0037】この場合、特定の周波数帯域42における固定数（“n”）のトーンしか受信する必要がないので、単一の低ビット伝送速度の送信機/受信機対を使用するだけでよい。m所(m-ary)の成分はスペクトル的に効率的な方式により、又は一定エンベロップ方式（例えば、定出力PSK）により変調できる。高レベル変調も本発明のシステム及び方法で可能である。

【0038】本発明のスケジューリング方法及びシステムのその他の用途も可能である。TDMA及びFDMAマルチアクセスアーキテクチャに加えて、通信伝送媒体へのマルチアクセスを可能にするために、“符号分割マルチアクセス（CDMA）”も使用できる。CDMAアーキテクチャの原理を簡単に再検討することは、本発明

のシステム及び方法の原理のCDMAアーキテクチャへの適用可能性を十分に理解するのに有用である。

【0039】CDMAでは、個別化伝送は、周波数（FDMAにおける場合と同様）により厳密により分離されず、又は時間（TDMAにおける場合と同様）により厳密に分離されない。CDMAにおける伝送は、同じ時間で同じ周波数スペクトルを共用することにより、相互に制御可能にインターフェースすることができる。CDMA媒体を占有する各個別伝送へ特別な独特の符号を割当てることにより、（各符号に応じて動作する）各特定の送信機/受信機対は、共通チャンネルを占有する他の信号中から、同じチャンネルを占有する適当な伝送を復号できる。

【0040】CDMAを実現する一つの方法は“直接シーケンススペクトル拡散”による。この場合、ユーザは小規模相互相関の符号が割当てられる。例えば、このコードセット（大きい有限である）は、長いPN-シーケンスの異なる位相からなる。ユーザがチャンネルにアクセスする場合、ユーザに割当てられた符号により、ユーザは自己の変調データストリームを増加する。データビット伝送速度よりも遥かに高い符号伝送速度は“チップ伝送速度”と呼ばれる。受信端末において、着信側は、オリジナル信号を回復するためにソースコードのレプリカにより受信信号を増加する。

【0041】マルチアクセスに関するCDMAサポートは、異なる二つの符号間の相互相関が小さいという事実により由来する。従って、或る符号（ C_1 ）で符号化された信号が異なる符号（ C_2 ）で複合化される場合、結果は雑音として受信機に現れる。この方式の限界（すなわち、マルチアクセスチャンネルを利用できるユーザの最大数）は、検出信号に対するユーザの“干渉”により起因する“雑音”の総量に左右される。換言すれば、チャンネルで同時に伝送するユーザの数が増えれば増えるほど、媒体内に存在する干渉のレベルは高くなる。信号/干渉（S/I）比は、システムのビット誤り率（BER）性能を決定する。

【0042】スペクトル領域では、最初のビット伝送速度符号による乗法は、広スペクトルによるデータスペクトル成分を拡散することに対応する。従って、大きなスペクトルは伝送を搬送する必要がある。しかし、マルチアクセス機能のために、多数のユーザがチャンネル上に何時でも同時に存在できる。非拡散及び拡散信号の比率は、処理利得 G_p 及び $G_s = 2R_c/R_d$ （ここで、 R_c 及び R_d はそれぞれチップ伝送速度及びデータビット伝送速度である）と呼ばれる。処理利得が大きくなればなるほど、任意のユーザが他のユーザの信号に関して有する“雑音”寄与は小さくなる。

【0043】本発明のシステム及び方法の基礎となる原理はCDMA媒体の使用量を高める。リソース空間は、“時間-符号”空間、“周波数-符号”空間、又は3次

元で見た場合、“時間-周波数-符号”空間にスライスすることもできる。従って、本発明のシステム及び方法によるスケジューリング法は、リソース使用量を改善するために、CDMA領域で使用することもできる。

【0044】図7は、CDMA領域における伝送に適用されるような“時間-符号”スライス法の使用例を示す構成図である。図8は、“周波数-符号”スライス法を示す。前記のように、複数の異なる速度のユーザ46, 48, 50について検討する。全体的媒体40'は、全体的媒体40'内に包含される使用可能な符号スペースの相対的使用を説明する、時間(44)領域(図7)又は周波数帯域42領域(図8)の何れかにより、複数の個別的な分離“符号”(43)に区分けされる。

【0045】“符号スペース”という用語は、例えば、相互相関の目的にかなう符号“同族類(family)”を使用する、ユーザ伝送への割当て用の全ての可能な符号の全体群を示すのに使用される。大きな度合いの符号スペースを必要とするユーザ(例えば、ユーザG, B, M, Q, F)には、少なくとも2つの方法で符号スペースが授与される。可能な符号スペース割当ての具体例は図7, 図8及び図9に示される。

【0046】図7及び8において、例えば、ユーザB及びGは比較的多量の符号スペースを必要とする。このような場合、タイムスロット(図7)又は周波数帯域(図8)にわたって複数の個別符号43が授与される。複数の個別符号は全体的媒体40'内に含まれる多量の符号スペースを集散的に示す。

【0047】図9は別の方法を示す。ここでは、ユーザには異なる長さの符号120が割当てられる。所定の符号の相対的長さは所定のユーザにより占有されるべき符号スペースの量に反比例する。例えば、図9では、ユーザAはユーザG(符号C6)よりも長い符号C5が割当てられる。図9に示されるように、これらのユーザにより占有される符号スペースの相対的“高さ”は、これらユーザにより占有される符号スペースの量を示す。

【0048】ユーザG(符号C6)よりも長い符号(C5)が割当てられたユーザAはユーザGよりも少ない符号スペースを占有する。このようにして、媒体40'内で具体化される全体的符号スペースの最適使用を達成させることができる。

【0049】図9に示されるように、本発明のシステム及び方法は、媒体内の所定のユーザの一時的占有要件に基づき、使用可能符号の効率的な再使用を与える。例えば、符号C3は、ユーザC, J, N, Rにより何度も使用できる。なぜなら、これらのユーザの各々は、媒体40'内に配置される全体的符号スペースのどの共通部分も同時には占有しないからである。

【0050】一般的に、チップ伝送速度はユーザ及び符号間で固定される必要はない。これは、信号が幾つかのチップ伝送速度 R_i で符号シーケンス C_i により変調で

きることを意味する。チップ伝送速度 R_i は任意の値を取ることができるが、実際には、 R_i はしばしば、幾つかの最小チップ伝送速度 R_{min} の整数倍として選択される。

【0051】これは、拡散により占有される帯域幅の量がチップ伝送速度 R_i に左右され、 R_{min} は或る周波数スライスを満たすために選択されるからである。これは、周波数-符号スライスシステム又は時間-周波数-符号スライスシステムを意味し、時間-周波数スライスシステムで2つ以上の周波数スライスを占有するために信号を変調する高速ユーザに類似している。従って、ユーザは、チップ伝送速度 R_i に付随する拡散に適合するのに十分な周波数スライスを割当てられなければならない。その他のユーザは異なる符号を使用して同時に同じ帯域幅を共用することができる。

【0052】大きな帯域幅(すなわち、高チップ伝送速度)により信号を拡散することにより、この帯域幅で一層多くの独立した伝送をスケジューリングすることができる。前記のように、独立伝送のスケジューリングは、各伝送から寄与された干渉レベルにより左右される。これにより、スケジューリング伝送のBERは所定の閾値未満に維持される。

【0053】拡散符号のチップ伝送速度は一定であり、固定速度であると仮定する。単一の固定BER閾値は全てのユーザに設定される。この閾値よりも高い誤り率は、このシステムにおける全てのユーザに受け入れられないものと見做される。

【0054】一般的に、高ビット伝送速度のユーザは、高出力レベルで伝送する傾向がある。従って、定拡散シーケンスチップ伝送速度のために、高速ユーザは低ビット伝送速度のユーザよりも高“ノイズ(雑音)”又は“干渉”に寄与する。従って、多数の低ビットユーザと少数の高速ユーザとはトレードオフの関係を有する。スケジューリング処理は様々なユーザ符号を授与する。

【0055】このため、全ての伝送からの干渉の総レベルにより生じるBERは許容可能な閾値未満に維持される。従って、符号干渉を最小にするために、様々なユーザ46, 48, 50に、時間領域44内の所定の時間間隔について使用可能な符号スペースの使用を許可することができる。図9に図示されているように、CDMAの時間多重化は、異なる時間間隔における符号“再使用”を見込む。これにより、比較的少数の符号を有する多量のユーザ群をサポートする。従って、スケジューリングは、許容可能なビット誤り率を維持しながら、全体的媒体40内の各タイムスロットを効率的にパックするのに使用できる。

【0056】図7, 8及び9に図示されるようなスケジューリングは、伝送速度及び他のユーザに寄与するノイズ量に対してユーザが占有する“符号スペース”を説明する。前記のように、“符号スケジューリング”におい

て、“符号スペース”という用語は、例えば、相互相関の目的にかなう符号の“同族類”を用いて、ユーザ伝送に割当てられる可能性のある全ての符号の全“セット”を示す。

【0057】従って、ユーザ46, 48, 50は、例えば、高ビット伝送速度ユーザ（例えば、図7及び8における高速ユーザB, G及びL）に割当てられた符号スペースの大きなサブセットを有する符号スペースの異なる部分が許可される。時間一周波数スライス法におけるように、本発明のシステム及び方法のCDMAへの適用は、ユーザのアクセス速度が変化するにも拘わらず、全てのユーザについて費用対効果に優れたアクセスを保存する。

【0058】更に、時間一周波数スライスに関して既に説明したように、最適スケジューリング及びその決定の支配の基調をなすファクタを適用し、CDMA媒体の使用を最適化することができる。

【0059】特定の非タイムスロット化CDMAシステムの場合、システムにアクセスする最大数のユーザを限定し、最小の品質を各ユーザについて許可できるために、時にはメカニズムが必要である。本発明の時間一符号スライスシステムによれば、スケジューリング及びタイムスロットは、タイムスロットにアクセスするユーザの人数の直接制御（すなわち、輻輳制御の側面の行使）を与える。これにより、大ユーザ群について特定の品質のサービスを保証する。

【0060】図10は、本発明のシステム及び方法の全、3次元“時間一周波数一符号”共用方式への類似の適用例を示す。伝送媒体により占有される全スペース40'は、時間（44）、周波数（42）及び符号（43）領域へ分割されるように、3次元で明視化することができる。“ノイズ”又は“干渉”を最小にするために、使用可能な符号スペースの割当ての最適化は、周波数多重化及び時間多重化により行われる。従って、周波数及び時間領域の双方において最適符号再使用が達成される。

【0061】本発明のシステム及び方法は、使用可能な通信伝送媒体の使用量をかなり改善し、現行の方法よりも遥かに高いスペクトル効率に寄与する。一例として、フレーム当たり（定期的）、N個のタイムスロットが存在する時間一周波数スライスシステムについて検討する。説明を単純化するために、2種類のユーザだけが存在するものと仮定する。

【0062】すなわち、フレーム毎に1ユニットの時間一周波数スライスしか必要としない低速ユーザ（すなわち、一つのタイムスロットについて一つの周波数帯域を用いる伝送）と、フレーム毎にxユニットのスライスを必要とする高速ユーザが存在するものと仮定する。更に、総数でF個の周波数帯域が存在するものと仮定する。

【0063】汎用タイムスロットシステムの場合、タイムスロット毎にたった一人のユーザ（低速又は高速の何れの場合も）しか伝送しない。（せいぜい）N人の高速及び低速ユーザの混合を使用中にすることができる。これに対し、本発明による時間一周波数スライスシステムでは、 (FN) 低速ユーザ又は (F/X) N高速ユーザもしくは高速と低速ユーザの混合を潜在的にサポートする。

【0064】高速ユーザの人数の低減は低速ユーザの人数をx倍まで増大する。従って、達成可能な容量改善係数は (F/X) とFの間である。高速及び低速ユーザの相対的トラフィックデマンド及び性能要件及びスケジューリングアルゴリズムの選択などのような特定のファクタは、本発明のシステム及び方法の全体的効率に寄与する。

【0065】従って、本発明のシステム及び方法は、様々な速度における多数のユーザのための通信リソースへの最適アクセスを提供し、かつ、低速ユーザのための低コストアクセス及び良好なスペクトル効率の両方を維持する。

【0066】

【発明の効果】以上説明したように、本発明のシステム及び方法によれば、伝送媒体は、周波数、時間及び符号領域に区分けできる。また、最適スケジューリングにより、スペクトル効率を最適化するために、全周波数一時間一符号領域内のユーザパッキングを最大にすることができる。本発明のシステム及び方法は、低アクセス速度要件を有するユーザのための安価なアクセスも保存する。

【図面の簡単な説明】

【図1】周波数スペクトルにおける所定の帯域へのユーザアクセスを構成するためのTDMAマルチアクセスアーキテクチャの構成図である。

【図2】周波数スペクトルにおけるユーザアクセスを構成するためのFDMAマルチアクセスアーキテクチャの構成図である。

【図3】通信システムにおける汎用タイムスロット法を例証する構成図である。

【図4】ヘッダ及びデータフィールドを変更することによる光通信におけるフィールド符号化法を例証する構成図である。

【図5】本発明のシステム及び方法による時間一周波数スライス化システムの一例の構成図である。

【図6】本発明のシステム及び方法による、非連続時間一周波数割当てに関する時間一周波数スライス化システムの別の例の構成図である。

【図7】符号分割マルチアクセス（CDMA）システムにおいて時間一符号スライスと共に使用するための本発明のシステム及び方法の一例の構成図である。

【図8】符号分割マルチアクセス（CDMA）システム

において周波数-符号スライスと共に使用するための本発明のシステム及び方法の一例の構成図である。

【図9】本発明のシステム及び方法による、時間-符号スライスにおける符号割当ての再使用を示す構成図である。

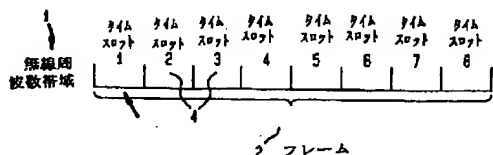
【図10】時間-周波数-符号スライスと共に使用する*

*ための本発明のシステム及び方法を示す別の構成図である。

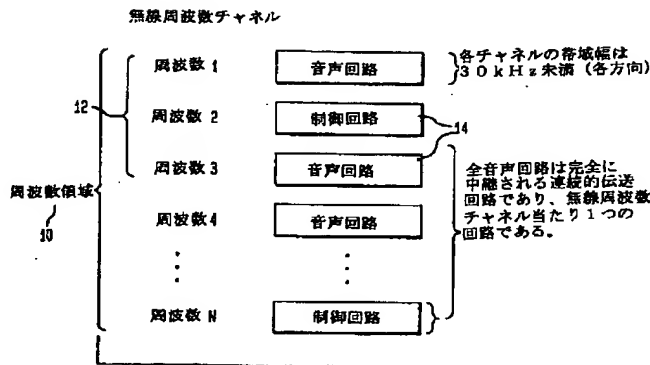
【符号の説明】

- 40 全体的時間-周波数スペクトル
- 42 周波数帯域
- 44 タイムスロット

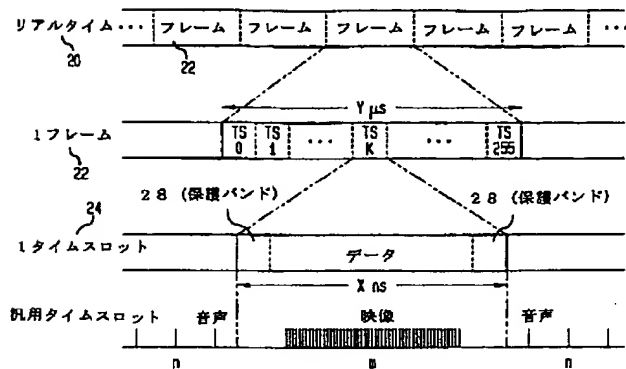
【図1】



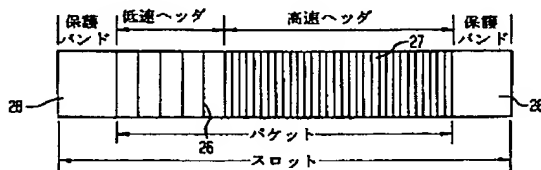
【図2】



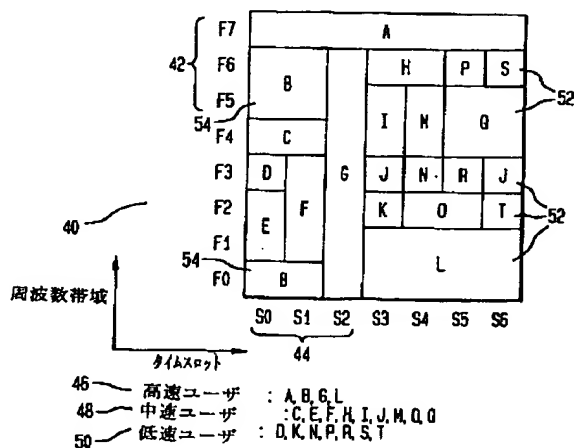
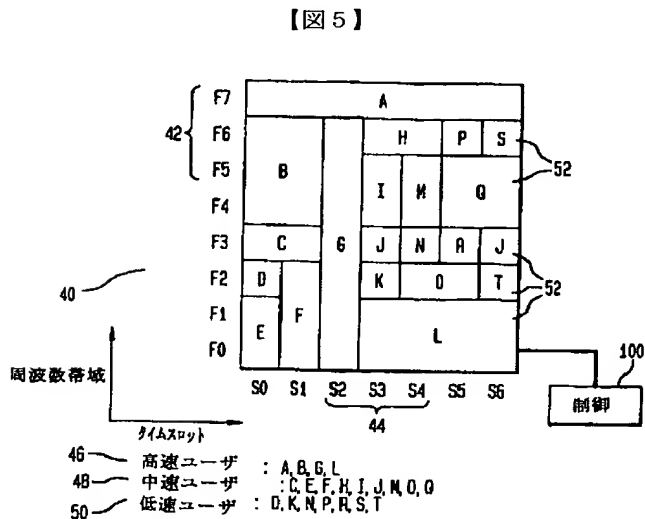
【図3】



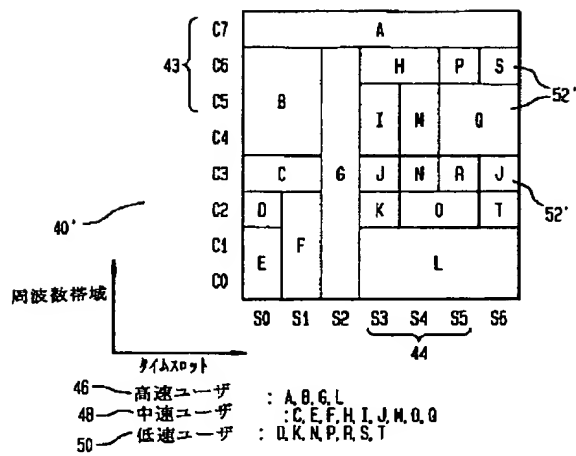
【図4】



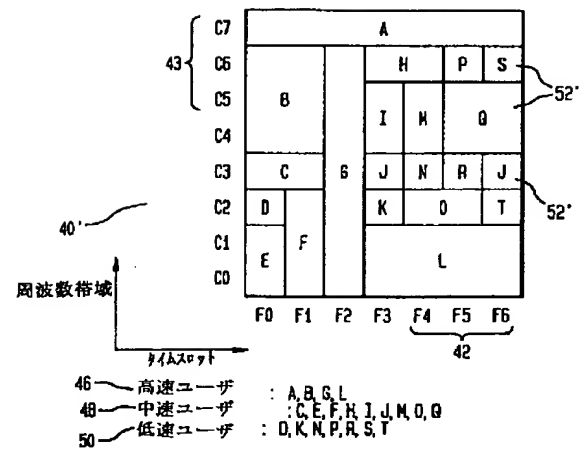
【図6】



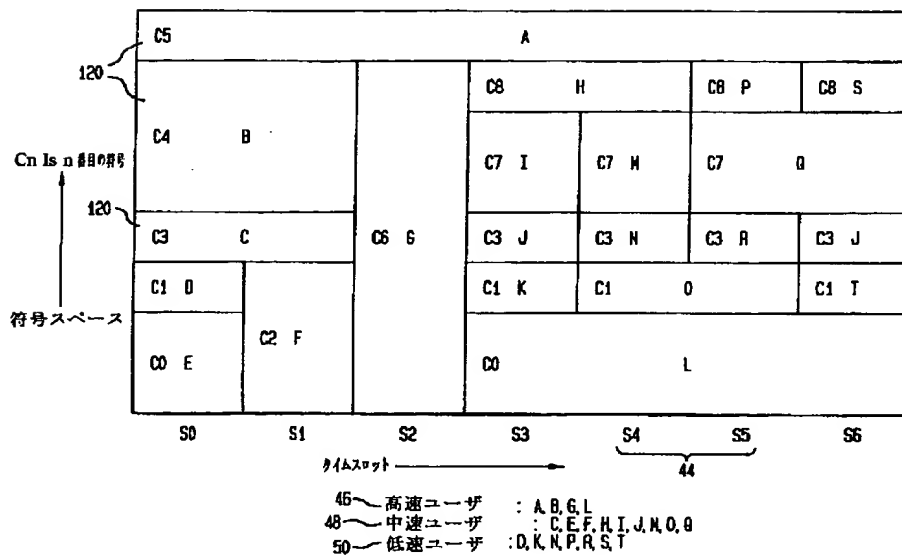
【図7】



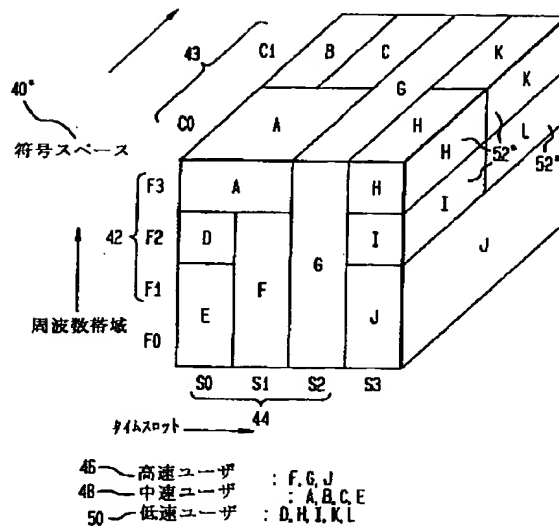
【図8】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

(72)発明者 ジグムント ハース
 アメリカ合衆国、07733 ニュージャージー
 ー、ホルムデル、ウィリアムズ ウェイ
 4

(72)発明者 マーク ジェイ、カロール
 アメリカ合衆国、07704 ニュージャージー
 ー、フェアハヴン、ポピュラー アヴェ
 ニュー 26

(72)発明者 クラーク ウッドワース
 アメリカ合衆国、07760 ニュージャージー
 ー、ラムソン、ワーデル アヴェニュー
 13

JP-A 7-303090

[TITLE OF THE INVENTION]

SYSTEM AND METHOD FOR OPTIMIZING USAGE OF SPECTRUM

[ABSTRACT]

[PURPOSE]

To provide a system and a method for optimizing the usage quantity of a communications transmission medium.

[CONSTITUTION]

In order to create time-frequency slices for assignment to users having various access rates and user-application requirements, the transmission medium may be sliced into time and frequency domains. Through scheduling of the various speed users within the time and frequency domains, the system and method can efficiently allocate and make use of the available spectrum, thereby accommodating higher rate users requiring greater bandwidths and time slot assignments while still preserving cost-efficient access for lower speed users. Depending on the signal modulation scheme, the time-frequency slices may be allocated on non-contiguous frequency bands. The system and method is also applicable to code-division multiple access by slicing the available code space along time-code domains, frequency-code domains or, in three dimensions, along time-frequency-code domains. Users may be efficiently scheduled based on code space requirements so as to optimize the use of the communication medium.

[CLAIMS]

[CLAIM 1]

A system for optimizing the spectral use of a communications transmission medium by a plurality of users of varying user applications and access rates, the system comprising:

means for slicing the communications transmission medium along at least two dimensions;

means for slicing the at least two dimensions into a plurality of unit slices in the communications transmission medium; and

means for scheduling one or more users of the plurality of users in at least one unit slice in the plurality of unit slices in the communications transmission medium.

[CLAIM 2]

A system as claimed in claim 1, wherein at least two dimensions comprises a frequency and a time.

[CLAIM 3]

A system as claimed in claim 1, wherein at least two dimensions comprises a frequency and a code.

[CLAIM 4]

A system as claimed in claim 1, wherein at least two dimensions comprises a code and a frequency.

[CLAIM 5]

A system for optimizing the spectral use of a communications transmission medium by a plurality of users of

7

varying user application and access rates, the system comprising:

a plurality of frequency slices in the communications transmission medium;

a plurality of time slices in the communications transmission medium;

means for slicing the communications transmission medium into a plurality of time-frequency slices along both of the plurality of time slices and the plurality of frequency slices contained within the communications transmission medium; and

means for scheduling one or more users of the plurality of users in at least one slice in the plurality of time-frequency slices in the communications transmission medium.

[CLAIM 6]

A system as claimed in claim 5, wherein the time-frequency slice comprises one of frequency slice allocations measured by one of time slice allocations.

[CLAIM 7]

A system as claimed in claim 6, wherein the means for scheduling schedules the users in the time-frequency slices based on the user applications and the access rates of the users.

[CLAIM 8]

A system as claimed in claim 6, wherein the means for scheduling schedules the users in the time-frequency slices based on the user applications and the access rates of the users, and wherein at least two frequency slices in the time-frequency slices form contiguous allocations by at least two frequency

slices in the communications transmission medium.

[CLAIM 9]

A system as claimed in claim 6, wherein the means for scheduling schedules the users in the time-frequency slices based on the user applications and the access rates of the users, and wherein at least two frequency slices in the time-frequency slices form contiguous allocations by at least two time slices in the communications transmission medium.

[CLAIM 10]

A system as claimed in claim 6, wherein each signal transmitted by the plurality of users occupies at least one frequency slice of the plurality of frequency slices in the communications transmission medium.

[CLAIM 11]

A system as claimed in claim 6, wherein each signal transmitted by the plurality of users occupies at least one time slice of the plurality of time slices in the communications transmission medium.

[CLAIM 12]

A system as claimed in claim 6, wherein the means for scheduling schedules two or more users in two or more time-frequency slices having a common time slice in the communications transmission medium.

[CLAIM 13]

A system as claimed in claim 6, wherein the means for scheduling schedules one or more user in two or more time-frequency slices having a common frequency slice in the

communications transmission medium.

[CLAIM 14]

A system for optimizing the spectral use of a communications transmission medium by a plurality of users of varying user applications and access rates, the system comprising:

a plurality of frequency slices in the communications transmission medium;

a plurality of time slices in the communications transmission medium;

means for slicing the communications transmission medium into a plurality of time-frequency slices, each of the time-frequency slices occupying a space in the communications transmission medium at least equal to one frequency slice allocation measured by one time slice allocation; and

means for scheduling one or more of the users in at least one of the time-frequency slices.

[CLAIM 15]

A system as claimed in claim 14, wherein at least one user of the users modulates a respective transmitted signal by two or more frequency slice allocations in the communications transmission medium, and wherein at least one of the users occupies two or more time-frequency slices extending over two or more frequency slices allocations in the communications transmission medium.

[CLAIM 16]

A system as claimed in claim 15, wherein two or more

time-frequency slices form a continuous allocation.

[CLAIM 17]

A system as claimed in claim 15, wherein two or more time-frequency slices do not form a continuous allocation.

[CLAIM 18]

A system as claimed in claim 15, wherein the transmitted signal modulated by at least one user is modulated by a multi-tone scheme.

[CLAIM 19]

A system as claimed in claim 18, wherein at least one user modulates a channeled cellular signal and a multi-frequency channel is allocated to the user.

[CLAIM 20]

A system for optimizing spectral use of a communications transmission medium by a plurality of varying user applications and access rates, the system comprising:

- a plurality of frequency slices in the communications transmission medium;

- a plurality of time slices in the communications transmission medium;

- means for slicing the communications transmission medium into a plurality of time-frequency slices, each of the time-frequency slices occupying a space in the communications transmission medium equal to at least one frequency slice allocation measured by one time slice allocation, wherein at least one of the users modulates his respective signal to cover two or more frequency slice allocations in the communications

transmission medium; and

means for scheduling one or more of the users in at least one of the time-frequency slices in the communications transmission medium.

[CLAIM 21]

A system as claimed in claim 20, wherein at least one of the users modulates his respective signal on a multi-tone scheme, wherein each of the tones modulated by the user is allocated to a separate frequency slice.

[CLAIM 22]

A system as claimed in claim 21, wherein the number of tones modulated by at least one of the users is based on the user application and the access rate of at least one of the users.

[CLAIM 23]

A system as claimed in claim 21, wherein the frequency slice allocations are not contiguous.

[CLAIM 24]

A system as claimed in claim 21, wherein the frequency slice allocations are contiguous.

[CLAIM 25]

A system for optimizing the spectral use of a code-division-multiple-access (CDMA) transmission medium by a plurality of users of varying user applications and access rates, the system comprising:
a plurality of code slice allocations collectively representing a quantity of code space contained in the transmission medium;
a plurality of frequency slices in the transmission

medium;

means for slicing the transmission medium into a plurality of code-frequency slices;

means for scheduling one or more users in at least one of the code-frequency slices in the transmission medium, wherein the means for scheduling schedules a quantity of code space based on a level of interference contributed by each user in the transmission medium, and wherein the scheduling is based on a number and type of users relating to each of the code-frequency slices.

[CLAIM 26]

A system as claimed in claim 25, wherein a signal transmitted, by the user, in the transmission medium is assigned a quantity of code space in the transmission medium.

[CLAIM 27]

A system as claimed in claim 26, wherein the quantity of code space is inversely proportional to the length of code assigned to the user.

[CLAIM 28]

A system for optimizing the spectral use of a code-division-multiple-access (CDMA) transmission medium by a plurality of users of varying user applications and access rates, the system comprising:

a plurality of code slice allocations collectively representing a quantity of code space contained in the transmission medium;

a plurality of time slices in the transmission medium;

means for slicing the transmission medium into a plurality of code-time slices;

means for scheduling one or more users in at least one of the code-time slices in the transmission medium, wherein the means for scheduling schedules a quantity of code space based on a level of interference contributed by each user in the transmission medium, and wherein the scheduling is based on a number and type of users relating to each of the code-time slices.

[CLAIM 29]

A system as claimed in claim 28, wherein a signal transmitted by the user in the transmission medium is assigned a quantity of code space in the transmission medium.

[CLAIM 30]

A system as claimed in claim 29, wherein the quantity of code space is inversely proportional to the length of code assigned to the user.

[CLAIM 31]

A system for optimizing the spectral use of a code-division-multiple-access (CDMA) transmission medium by a plurality of users of varying user applications and access speeds, the system comprising:

a plurality of code slice allocations representing a quantity of code space contained in the transmission medium;

a plurality of time slices in the transmission medium;

means for slicing the transmission medium into a plurality of code-time slices;

a set of individual codes contained in the transmission medium;

means for assigning an individual code having a length to a user of the transmission medium, wherein the length of the individual code is inversely proportional to a quantity of code space to be occupied by the user;

means for scheduling one or more users in at least one of the code-time slices in the transmission medium, wherein the means for scheduling assigns individual length codes to the users based on the code space requirements of the users in the transmission medium.

[CLAIM 32]

A system as claimed in claim 31, wherein at least one of the individual codes is reassigned to a user based on temporal occupancy of at least one individual code in the transmission medium.

[CLAIM 33]

A system for optimizing the spectral use of a code-division-multiple-access (CDMA) transmission medium by a plurality of users of varying user applications and access speeds, the system comprising:

a plurality of code slice allocations representing a quantity of code space contained in the transmission medium;

a plurality of time slices in the transmission medium;

a plurality of frequency slices in the transmission medium;

means for slicing the transmission medium into a

plurality of code-time-frequency slices; and

means for scheduling one or more users in at least one of the code-time-frequency slices in the transmission medium, wherein the means for scheduling schedules a quantity of code space to each of the users of the transmission medium.

[CLAIM 34]

A system as claimed in claim 33, wherein the means for scheduling schedules users to the code-time-frequency slices based on the user applications and the access rates of the users.

[CLAIM 35]

A method for optimizing the spectral use of a communications transmission medium by a plurality of users of varying user applications and access rates, the method comprising
the steps of:

dividing the transmission medium into a plurality of frequency slices;

dividing the transmission medium into a plurality of time slices;

slicing the transmission medium into a plurality of time-frequency slices, each of the time-frequency slices occupying space at least equal to one frequency slice extending over one time slice; and

scheduling one or more of the users in at least one of the time-frequency slices in the transmission medium so as to optimize the occupancy of the space contained within the communications transmission medium.

[CLAIM 36]

A system as claimed in claim 35, wherein the step of scheduling further comprises the step of scheduling two or more unit slices to the user having higher transmission and access rates.

[CLAIM 37]

A system as claimed in claim 36, wherein the step of scheduling two or more time-frequency slices comprises the step of scheduling two or more time-frequency slices having contiguous frequency slice allocations.

[CLAIM 38]

A system as claimed in claim 35, further comprising the step of modulating a signal transmitted by a user via two or more frequency slices in the communications transmission medium.

[CLAIM 39]

A system as claimed in claim 38, wherein the step of scheduling comprises the step of scheduling two or more time-frequency slices having non-contiguous frequency slice allocations.

[CLAIM 40]

A method for optimizing the spectral use of a CDMA communications transmission medium by a plurality of users of varying user applications and access rates, the method comprising the steps of:

slicing the transmission medium into a plurality of code slice allocations collectively representing a quantity of code

space contained within the transmission medium,
slicing the transmission medium into a plurality of time-slice
allocations;

slicing the transmission medium into a plurality of
code-time slices, each of the code-time slices occupying space
at least equal to one code slice allocation extending over one
time slice allocation; and

scheduling one or more of the users in at least one of
the code-time slices in the transmission medium according to
the amount of code space required by each of the users so as
to optimize the occupancy of the code space contained within
the communications transmission medium.

[CLAIM 41]

A method for optimizing spectral use of a CDMA
communications transmission medium by a plurality of users of
varying user applications and access rates, the method
comprising the steps of:

slicing the transmission medium into a plurality of code
slice allocations collectively representing a quantity of code
space contained within the transmission medium;

slicing the transmission medium into a plurality of
frequency slice allocations;

slicing the transmission medium into a plurality of
code-frequency slices, each of the code-frequency slices
occupying space at least equal to one code slice allocation
extending over one frequency slice; and

scheduling one or more of the users in at least one of

the code-frequency slices in the transmission medium according to the amount of code space required by each of the users so as to optimize the occupancy of the code space contained within the communications transmission medium.

[CLAIM 42]

A method for optimizing spectral use of a CDMA communications transmission medium by a plurality of users of varying user applications and access rates, the method comprising the steps of:

slicing the transmission medium into a plurality of code slice allocations collectively representing a quantity of code space contained within the transmission medium;

slicing the transmission medium into a plurality of time slices;

slicing the transmission medium into a plurality of code-time slices, each of the code-time slices occupying space at least equal to one code slice allocation extending over one time slice allocation;

assigning an individual user a code from a set of individual codes contained within the transmission medium, the length of the individual code being inversely proportional to a quantity of code space to be occupied in the medium by the user; and

scheduling one or more of the users in at least one of the code-time slices in the transmission medium, wherein the means for scheduling assigns an individual length code to a user based on code space requirements of the user so as to optimize

the occupancy of the code space contained within the communications transmission medium.

[CLAIM 43]

A method for optimizing spectral use of a CDMA transmission medium by a plurality of users of varying user applications and access speeds, the method comprising the steps of:

slicing the transmission medium into a plurality of code slice allocations representing a quantity of code space contained in the transmission medium;

slicing the transmission medium into a plurality of time slices in the transmission medium;

slicing the transmission medium into a plurality of frequency slices in the transmission medium;

slicing the transmission medium into a plurality of code-time-frequency slices; and

scheduling one or more of the users in at least one of the code-time-frequency slices in the transmission medium according to the amount of code space required by each of the users so as to optimize the occupancy of the code space contained within the communications transmission medium.

[DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION]

[0001]

[INDUSTRIAL FIELD OF APPLICATION]

The present invention relates to a system and a method for maximizing usage of a communications transmission medium,

and more particularly, to a system and a method for maximizing usage of a communications transmission medium while preserving optimum access to the medium for users of different access speeds and while maximizing spectral use and bandwidth efficiencies.

[0002]

[PRIOR ART]

Many communication systems today, such as the wireless, satellite, personal communications, and cellular communications systems, typically exhibit certain common requirements. For example, to maximize the flexibility of these systems, these communications systems typically require a variety of access speeds in order to support different applications. In order to be economically viable, the systems should also offer a generally low-cost access for lower-speed users. Lastly, the systems typically strive for a high degree of spectral efficiency in order to maximize usage of the particular communications transmission medium.

[0003]

Certain data transmission architectures have been developed in communications systems to allocate communication resources to individual users on their demand. In general, these architectures ought to be structured to permit various users to utilize the resources in a fully shared communications system. Thus, the various architectures are generically referred to as "multiple access" architectures.

[0004]

Referring to FIG. 1, one multiple access architecture for maximizing usage of the communications transmission medium is commonly referred to as time-division multiple access (TDMA). In TDMA, each carrier frequency 1 is shared by one or more time frames 2 having a plurality of individual time slots 4. Each of the time slots 4 is assigned to a user as an independent circuit. Information is transmitted by the user in short bursts during assigned or specified time slots.

[0005]

In this case, users are scheduled for access to the time slots 4 according to their information transmission requirements. However, in pure TDMA, architecture both higher-speed and lower-speed users share a common communications bandwidth, for example, by assigning more time slots per frame to the higher-speed users. The drawback of this architecture is that high-rate access (high speed data bursts) is required even for lower-speed users, which increases the cost and complexity of the systems employed by those lower-speed users.

[0006]

A second multiple access method for structuring a communications transmission medium is referred to as frequency-division multiple access (FDMA). The FDMA method is illustrated in FIG. 2. Unlike TDMA, the FDMA method is independent of time. In FDMA, a number of individualized, narrowband channels 12 are used across the frequency domain (spectrum) 10. In FDMA, rather than being partitioned into

individualized time slots across the channel, one circuit 14 is assigned per channel 12 and, in general, users can access any one of the frequencies 12 in the frequency spectrum 10.

[0007]

A drawback of a pure FDMA architecture is that the maximum bandwidth available to an individual user is often limited, even if the particular user desires a large peak bandwidth for only a short period of time. In order to access greater bandwidth, the user often has to utilize a plurality of transmitters that allows him to access several frequencies at the same time. This may add to the cost of the systems employed by those users.

[0008]

Moreover, since only a single user can occupy any given frequency, regardless of the time that the user will occupy a frequency 12, the frequency spectrum 10 may not be fully utilized.

[0009]

Attempts have been made to support users having different communication requirements in various of the aforementioned communications systems. For instance, to support users of arbitrary access speeds and to retain low-cost access for low-speed users, a "Universal Time Slot" method has been proposed by R. A. Thompson, J. J. Horenkamp, and G. D. Berglund (Phototonic Switching of Universal Time Slots, XIII International Switching Symposium Proceedings, Session C2 Paper 4, Stockholm, May 1990). A depiction of the universal

time slot method is shown in FIG. 3.

[0010]

In the universal time slot method, each transmission frame 22 in real time 20 is separated into a plurality of individual time slots 24 of a set duration (for instance, nanoseconds). The individual time slots 24 can transmit a given number of bits for voice (n bits) or image (m bits), using different amounts of medium bandwidth. A so-called "data transparency" is created in each of the time slots. The signals in each time slot are typically generated and received asynchronously.

[0011]

Another attempt to maximize the use of communications systems has been proposed by Zygmunt Hass and Richard D. Gitlin using a "Field Coding" technique (Optical Distribution Channel: An Almost-All Optical LAN Based On The Field Coding Technique, Journal of High-Speed Networks 1 (1992), pp. 193-214). Field coding, typically used for optical transmissions, has the costly handicap of requiring an optical switching node to operate at the peak data transmission rate.

[0012]

Field coding separates the switching rate from the transmission rate by utilizing the difference between bit transmission rates for the header (26) and the bit transmission rates for data fields (27) of the optical packets (see FIG. 4). Guard bands 28 are used to separate individual user transmissions. Because the switching node performs only the

switching operation and does not need to process the data portion of the packet, the switching node can operate at the lower header rate, allowing the faster rate data field to pass transparently through the switching node.

[0013]

In both of the proposed methods, users are allowed to transmit at their own desired rate during their assigned time slots. However, while suitable for optical media where bandwidth is abundant, these techniques are in fact spectrally inefficient. In the cases of the previously mentioned communication systems (for instance, radio), the available communications transmission medium is quite limited and is often costly; there is typically only a limited amount of bandwidth available for access by users of the various communications systems.

[0014]

[PROBLEM TO BE SOLVED BY THE INVENTION]

Therefore, the object of the present invention is to provide a new system allowing to use a transmission medium efficiently.

[0015]

[MEANS FOR SOLVING THE PROBLEM]

In order to solve the above problems, the present invention provides a system and a method for maximizing the complete usage of the communications transmission medium. According to the system and the method of the present invention, the transmission medium can be partitioned in frequency, time

and code domains. Further, through optimum scheduling, user packing within the overall frequency-time-code domain can be maximized in order to optimize spectral efficiency. The system and the method in accordance with the present invention also preserve an inexpensive access for users with lower access speed requirements.

[0016]

The transmission resource, partitioned into the "time-frequency" domain, is divided into a plurality of time-frequency "slices" that are allocated to users according to their various transmission requirements. For higher speed users, frequency slots are usually assigned contiguously in order to optimize the design of modulation and transmission architectures (for example, a single transmitter for higher transmission rate users). In this case, where frequency adjacency requirements can be eased, higher speed users can be assigned two or more non-contiguous time-frequency slices to further maximize spectral efficiency.

[0017]

According to the system and the method of the present invention, the time-frequency slicing method can also be applied to data transmissions with code division multiple access (CDMA) to account for optimum packing of code space. The CDMA transmission spectrum can be partitioned into the code-time domains, code-frequency domains, or, in a three-dimensional method, into the code-time-frequency domains so as to optimize the use of the available code space.

[0018]

The system and the method in accordance with the present invention provide better spectral use than, for example, a universal-time-slot method, in addition to the ability to accommodate a wide range of access rates, the provision of low-cost end points for low-speed users, and the need for only a single transmitter- receiver pair per user.

[0019]

[EMBODIMENTS]

The present invention will be described in the following with reference to the accompanying drawings.

[0020]

FIG. 5 is a configuration to illustrate a time-frequency slicing method in accordance with the present invention. As illustrated, the overall time-frequency spectrum (or medium) 40 can be partitioned in both the time and frequency domains as a plurality of frequency bands ("slices") 42 (F_0, F_1, \dots, F_N) extending over a plurality of individual time slots ("slices") 44 (S_0, S_1, \dots, S_N). Users of the spectrum can be categorized into the following three general groups.

[0020]

High speed users 46 (A, B, G, L); medium speed users 48 (C, E, F, H, I, J, M, O, Q); and low speed users 50 (D, K, N, P, R, S, T). As illustrated in FIG. 5, a plurality of time-frequency "slices" 52 are gridded into the overall time-frequency spectrum 40.

[0021]

In accordance with the system and the method of the present invention, it is assumed that all of the various signals transmitted by users 46, 48, 50 will occupy at least one frequency band 42. Moreover, it will be realized that due to the nature of the equipment typically employed by higher-speed users 46, the high-speed users 46 will have the ability to modulate their signals so as to cover one or more frequency bands 42. Thus, as depicted, the overall medium can be sliced so that low-speed users 50 will be permitted to fill one or more of the available time slots 44 in a frame, while higher-speed users can fill one or more of the available frequency bands 42 or time slots 44.

[0022]

A further assumption is that one "unit" of "slice", which is taken to be one frequency band allocation for one time slot allocation, is the minimum amount of communications resource which will be available to a user. Unlike other transmission techniques (such as the Universal Time Slot method of FIG. 3), guard bands "28" are not necessary between contiguous frequency bands 42 or time slots 44, or both, that are allocated to a given user. Thus, the full use of the medium is optimized (needless to say, guard bands 28 may be needed to separate different users).

[0023]

In the case where a single user occupies contiguous allocations, a continuous frequency band 42 and/or a continuous time allocation 44 can be realized because that same user may

utilize the space which would be normally occupied by guard bands 28. Examples of the unit slice are illustrated in FIG. 5. In FIG. 5, the time-frequency slice is occupied, for example, by various low-speed users (i.e., users D, K, N, etc.).

[0024]

Thus, through use of their respective transmitters (not shown), the various kinds of users 46, 48, 50 can modulate their signals into one or more of the available frequency bands 42 on a time slot-by-slot 44 basis in order to effect optimum scheduling of the users within the medium 40 to efficiently make use of the available time-frequency medium 40. The actual positioning (scheduling) of the various speed users 46, 48, 50 within the overall medium may be determined based on such factors as individual user demand, the relative numbers of low speed/medium speed/high speed users, and the like.

[0025]

One way to effect the slicing of the transmission medium 40 and to implement positioning of the users 46, 48, 50 within the medium is to provide a central control 100. The central control 100 maintains or otherwise keeps a lookup table containing the status of the availability of space within the medium 40 according to frequency band allocations 42 and time slots 44. The central control 100 may then award particular time-frequency slice 52 allocations to the individual users 46, 48, 50 based on such factors as the amount of the medium 40 requested by the users and/or the amount of medium 40 already allocated to users.

[0026]

Thus, individual users may align themselves within their assigned time-frequency slices 52 through appropriate signal configuration and/or modulation. Based on the availability of the medium 40, central control 100 can thus allocate particular time-frequency slices 52 to a given user, thereby anticipating "future" requests which will be made by users 46, 48, 50 so as to best optimize full use of the overall medium 40. The control 100 can anticipate such requirements, for instance, through use of probabilistic studies, historical or projected load requirements, and the like, as normally maintained by individual service providers.

[0027]

Another way to effect the use spectrum of the medium 40 is through random assignments of users 46, 48, 50 to the available time-frequency slices 52. Other ways of effecting slicing and scheduling in accordance with the system and method of the invention can be readily envisioned or otherwise arrived at by those skilled in the art.

[0028]

Through scheduling, the time-frequency spectrum 40 can be filled in a more efficient manner than possible with the Universal-Time-Slot method. Unlike a pure TDMA method, a common bandwidth is not required, so that the system and the method in accordance with the present invention can schedule cost-efficient entry points for lower speed users 50.

[0029]

That is, unlike TDMA, users are capable of operating at their own access rates while still being able to share the overall time-frequency domain 40 with users operating at different access rates. As shown in FIG. 5, several low-speed users 50 can be scheduled to transmit on different frequencies 42 in the same designated time slot 44. For instance, low speed users S, J and T occupy the same time slot S6. During certain other time slots 44, then, a smaller number of high-speed users 46 may be scheduled to transmit.

[0030]

Moreover, unlike a pure FDMA method, a given bandwidth 42 can be occupied by multiple users (for instance, users G, B, H, P, S for band F6). Thus, the system and the method in accordance with the present invention provide a large degree of flexibility in efficiently packing the time-frequency spectrum 40 and efficiently making use of the entire domains.

[0031]

Often, it is advantageous that high-speed users 46 be assigned contiguous frequencies 42. Such contiguous assignments eliminate the need for guard bands between the frequencies assigned to a given user. Depending on the modulation scheme, however, certain adjacency requirements may be relaxed. For instance, users modulating their signals according to a "multi-tone" scheme may not require contiguous frequency assignments in order to transmit their data. Tones represent multi-bit symbols.

[0032]

Each tone toggles at a rate corresponding to the bandwidth of one frequency band. Thus, with multi-tone transmission, two bits can be transmitted as one 4-related symbol using 2-tone modulation instead of two symbols on a binary channel.

[0033]

FIG. 6 thus depicts a variation of the time-frequency slicing method of the present invention where noncontiguous frequency arrangements may be employed. For instance, higher-speed users 46 operating on multi-tone modulation may benefit from non-contiguous frequency arrangements. A particular high speed user B (designated in FIG. 6 by numeral 54) has been assigned two non-contiguous frequency assignments ("slices") F0 and F5-F6 in the bandwidth, rather than the single contiguous assignment F4-F6 that the same user B might have employed without multi-tone modulation as depicted in FIG. 5. Each of the respective tones modulated by the user (here, B) can occupy a respective frequency assignment without the necessity for contiguous assignments.

[0034]

An example of a multi-tone method includes current channelized cellular systems, for instance, cellular telephone systems, cellular data systems, or the like, to provide higher bandwidth to some users. The higher bandwidth is accomplished by allocating multiple channels to each higher-speed user. Since the allocations do not need to be contiguous, more users can perhaps be accommodated than with contiguous assignments (see FIG. 5). The blocking probability may be reduced compared

to the contiguous assignments of the time-frequency method as shown in FIG. 5.

[0035]

Thus, it will be realized that higher data transmission rates will be available to higher-speed users 46 by signaling on a combination of tones, whereas the lower-speed user 50 would occupy only a single frequency slice of the bandwidth. Therefore, the transmission speed of a user can thus determine the number of tones and, thus, the number of frequencies 42 allocated for that user. These tones may be scheduled in possibly non-contiguous frequency slots within one or more time slots, for example, for user B in FIG. 6. In fact, spreading the frequency allocations of a high-speed user may offer some propagation benefits (e.g., a reduction in the degradation from frequency-selective multipath fading).

[0036]

The single transmitter-receiver arrangement as utilized in FIG. 5 will not be employed by high-speed users in multi-tone transmission in order to obtain this scheduling advantage. Higher speed users may need to employ multiple transmitters. Each transmitter is used for each frequency slice that has been assigned to that particular user. However, as opposed to contiguous transmissions entailing the entire frequency spectrum, for non-contiguous multi-tone transmissions, the base station receiver itself may be simplified.

[0037]

In this case, only a fixed number ("n") tones in specific

frequency bands 42 will need to be received, so that only a single, low bit rate transmitter/receiver pairing may need to be used. It will also be realized that the m-ary components may be modulated by a spectrally efficient scheme or by a constant envelope scheme (for instance, constant power PSK). Higher-level modulations are also possible in the system and method according to the invention.

[0038]

Other applications of the scheduling method and system according to the present invention are also possible. In addition to the TDMA and FDMA multiple access architectures, a "Code Division Multiple Access" (CDMA) system may also be employed in an effort to permit multiple access to the communications transmission medium. A brief review of the principles of CDMA architecture will serve to better appreciate the applicability of the principles of the system and method according to the invention to the CDMA architecture.

[0039]

In CDMA, individualized transmissions are not strictly separated by frequency (as in FDMA) or strictly separated by time (as in TDMA). Rather, transmissions in CDMA are permitted to controllably interfere with one another by sharing the same frequency spectrum at the same time. By assigning a special, unique code to each of the separate transmissions occupying the CDMA medium, each particular transmitter-receiver pair (which operates according to a respective code) may decode the appropriate transmission occupying the common channel from

among the other signals occupying that same channel.

[0040]

One way to implement CDMA is practiced by "direct sequence spectrum spreading", in which users are assigned codes of small cross-correlation. For example, this code set, large but finite, may be composed of different phases of a long PN-sequence. When users access the channel, they multiply their modulated data stream by their assigned code. The code transmission rate, which is considerably higher than the data bit transmission rate, is referred to as "the chip transmission rate". At the receiving end, the destination multiplies the received signal by a replica of the source code to recover the original signal.

[0041]

CDMA support for multiple access stems from the fact that the cross-correlation between two different codes is small. Thus, if a signal encoded at one code (C_1) is decoded with a different code (C_2), the result appears to the receiver as noise. The limitation of the scheme (i.e., the maximum number of users that can utilize the multiple access channel) depends on the total amount of "noise" caused by "interfering" users to the detected signal. In other words, the more users simultaneously transmitting on the channel, the greater the level of interference that will exist within the medium. The signal-to-interference ratio (S/I) determines the bit-error-rate (BER) performance of the system.

[0042]

In the spectral domain, the multiplication of the data

by the fast bit transmission rate code corresponds to spreading the data spectral components over a broader spectrum. Thus, a larger spectrum is required to convey the transmission. However, because of the multiple-access feature, a number of users may co-exist at any time on the channel. The ratio of the unspread and the spread signals is called the processing gain, G_p and $G_p = 2R_c / R_b$ (where $2R_c$ and R_b are the chip and the data bit transmission rates, respectively). The larger the processing gain, the less "noise" contribution any user has on the other users' signals.

[0043]

The principles underlying the system and the method of the present invention will serve to enhance usage of the CDMA medium. The resource space might be sliced into a "time-code" space, a "frequency-code" space or, if viewed in three dimensions, into a "time-frequency-code" space. Thus, the scheduling method according to the system and method of the invention can also be used in the CDMA domain to improve resource usage.

[0044]

FIG. 7 is a configuration to illustrate an application of a "time-code" slicing method as applied to transmissions in the CDMA domain. FIG. 8 depicts a "frequency-code" slicing method. As described before, a plurality of different speed users 46, 48, 50 are contemplated. The overall medium 40' is partitioned into a plurality of individual, discrete "codes" (43) either over the time (44) domain (FIG. 7) or frequency band

42 domain (FIG. 8), accounting for the relative use of the available code space which is contained within the overall medium 40'.

[0045]

The term "code space" is used to denote the overall set of all possible codes for assignment to user transmission employing, for instance, a "family" of codes acceptable for the purpose of cross-correlation. A user requiring a large degree of code space (for instance, users G, B, M, Q, F) can be granted code space in at least two ways. Examples of possible code space allocations are presented in FIGS. 7, 8 and 9.

[0046]

In FIGS. 7 and 8, users B and G, for instance, require a relatively large quantity of code space. In such as case, they are granted a plurality of individual codes 43 across time slots (FIG. 7) or frequency bands (FIG. 8). The plurality of individual codes are collectively representative of a larger quantity of code space contained within the overall medium 40'.

[0047]

FIG. 9 illustrates an alternative method. Here, a user may be allocated codes of different length 120. The relative length of a given code is inversely related to the quantity of code space to be occupied by a given user. For instance, in FIG. 9, user A is assigned a longer code C5 than user G (code C6). As illustrated in FIG. 9, the relative "height" of the code space occupied by those users is indicative of the quantity of code space occupied by them.

[0048]

The user A, who has been assigned a longer code (C5) than user G (code C6) occupies less code space than user G. In this manner, optimum use of the overall code space embodied within the medium 40' can be achieved.

[0049]

It can be seen in FIG. 9 that the system and the method in accordance with the present invention provide for efficient reuse of the available codes based on the temporal occupancy requirements of a given user within the medium. For example, a code C3 can be reused a number of times by users C, J, N, R because each of those users do not occupy any common portion of the overall code space located in the medium 40' at the same time.

[0050]

In general, the chip rate does not need to be fixed among users and codes. This means that a signal can be modulated by a code sequence C_i at some chip transmission rate, R_i . Although the chip transmission rate R_i can be arbitrary, in practice, R_i is often chosen as an integer multiple of some minimal chip transmission rate, R_{min} .

[0051]

This is because the amount of bandwidth occupied by the spreading depends on the chip transmission rate R_i and R_{min} is selected to fill one frequency slice. This implies a frequency-code slicing or time-frequency-code slicing system and is similar to high-rate users modulating their signal to occupy

not less than two frequency slices in the time-frequency slicing system. Thus, a user would have to be assigned enough frequency slices to accommodate the spreading associated with the chip transmission rate, R_i . Other users may share the same bandwidth at the same time using different codes.

[0052]

By spreading a signal by a larger bandwidth (i.e, with a faster chip transmission rate), more independent transmissions can be scheduled in this bandwidth. As previously described, scheduling of the independent transmissions depends on the interference level contributed from each transmission, so that the BER of the scheduled transmissions is kept below some predetermined threshold.

[0053]

It is assumed herein that the chip rate of the spreading code is of constant and fixed rate. A single fixed BER threshold is set for all users. Error rates above this threshold is considered unacceptable to all users in the system.

[0054]

In general, users with high bit transmission rates will tend to transmit at a higher power level and, thus, because of the constant spreading sequence chip transmission rate, higher speed users will contribute more "noise" or "interference" than users with lower bit transmission rates. Thus, there will be a tradeoff between a large number of low-bit users and a smaller number of high-speed users. The scheduling process accounts for granting the

various users codes.

[0055]

For this reason, the BER caused by the total level of interference from all the transmissions remains below the acceptable threshold. Hence, to minimize code interference, the various users 46, 48, 50 can be granted use of the available code space for given time intervals in the time domain 44. As illustrated in FIG. 9, time multiplexing of CDMA will allow for code "reuse" in different time periods, thereby supporting a large user group with a relatively small number of codes. Scheduling may thus be used to efficiently pack each time slot within overall medium 40, while maintaining acceptable bit error rates.

[0056]

The scheduling as depicted in FIGs. 7, 8 and 9 accounts for the amount of "code space" a user occupies relative to his transmission rate and also the amount of noise that he will contribute to the other users. As previously described, in "code slicing", the term "code space" is used to denote the overall "set" of all possible codes for assignment to user transmissions, employing, for instance, a "family" of codes acceptable for purposes of cross-correlation.

[0057]

Users 46, 48, 50 may thus be granted different portions of the code space with, for instance, larger subsets of the code space assigned to higher bit transmission rate users (for instance, high speed users B, G and L in FIGS. 7 and 8). As

in a time-frequency sliced method, the application of the system and the method in accordance with the present invention to CDMA will preserve cost-efficient access for all users regardless of their varying access rates.

[0058]

Furthermore, as previously described in relation to time-frequency slicing, the factors underlying optimum scheduling and governing its determination can be applied to optimize use of the CDMA medium.

[0059]

In the case of a certain non-time slotted CDMA system, mechanisms will sometimes be required to limit the maximum number of users accessing the system so that a minimum quality can be guaranteed for each user. In accordance with the time-code slicing system of the present invention, the scheduling and the time slots provide direct control on the number of users accessing a time slot (i.e., exercising an aspect of congestion control), thereby guaranteeing a particular quality of service for a large user group.

[0060]

FIG. 10 illustrates a similar application of the system and the method in accordance with the present invention to a full, three dimensional "time-frequency-code" sharing scheme. The total space 40" occupied by the transmission medium can be visualized in three dimensions as divided into the time (44), frequency (42) and code (43) domains. In order to minimize "noise" or "interference", optimization of the assignment of

available code space is accomplished by frequency multiplexing as well as time multiplexing. Optimum code reuse in both the frequency and time domains is thus achieved.

[0061]

The system and the method according to the present invention substantially improves usage of the available communications transmission medium and contributes to greater spectral efficiencies than with current methods. As an example, a time-frequency slice system is considered in which there are N time slots per (periodic) frame. For simplicity, it is assumed that there are only two classes of users.

[0062]

That is, it is assumed that there are low-speed users that require only one unit time-frequency slice per frame (i.e., a transmission using one frequency band for one time slot), and high-speed users that require X unit slices per frame. Further, it is assumed that there are a total of F frequency bands.

[0063]

In the case of a universal-time-slot system, only one user (either low-speed or high-speed) transmits per time slot, and any mix of (at most) N high- and low-speed users can be active. By contrast, a time-frequency-sliced system according to the present invention may potentially support up to (FN) low-speed users, or $(F/X)N$ high-speed users, or any mix of high- and low-speed users.

[0064]

Each reduction in the number of high-speed users

increases the number of low-speed users by X. Thus, achievable capacity improvement factor is between (F/X) and F. Certain factors such as relative traffic demands and performance requirements of the high- and low-speed users, and selection of the scheduling algorithm, will contribute to the overall efficiency of the system and the method in accordance with the present invention.

[0065]

Therefore, the system and the method according to the present invention provides optimum access to a communications resource for multiple users at a variety of speeds and maintains both low-cost access for low-speed users and a good spectral efficiency.

[0066]

[EFFECT OF THE INVENTION]

As described above, according to the system and the method in accordance with the present invention, the transmission medium can be partitioned into frequency, time, and code domains. Further, since the spectral efficiency is optimized through optimal scheduling, user packing within overall frequency-time-code domains can be maximized. The system and the method in accordance with the present invention preserves a cheap access for users having low-access rates.

[BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS]

[FIG. 1]

FIG. 1 is a configuration to illustrate a TDMA multi-access architecture for structuring user access for a given band

in a frequency spectrum.

[FIG. 2]

FIG. 2 is a configuration to illustrate an FDMA multi-access architecture for structuring user access in a frequency spectrum.

[FIG. 3]

FIG. 3 is a configuration to illustrate a universal time slot method in communications systems.

[FIG. 4]

FIG. 4 is a configuration to illustrate a field coding method in optical transmissions by varying header and data fields.

[FIG. 5]

FIG. 5 is a configuration to illustrate one embodiment of a time-frequency sliced system in accordance with the system and the method of the present invention.

[FIG. 6]

FIG. 6 is a configuration to illustrate another embodiment of a time-frequency sliced system for non-contiguous time-frequency assignments in accordance with the system and the method of the present invention.

[FIG. 7]

FIG. 7 is a configuration to illustrate an embodiment of the system and the method of the present invention for use with time-code slicing in a code division multiple access (CDMA) system.

[FIG. 8]

FIG. 8 is a configuration to illustrate one embodiment of the system and the method of the present invention for use with frequency-code slicing in a code division multiple access (CDMA) system.

[FIG. 9]

FIG. 9 is a configuration to illustrate the reuse of code assignments in time-code slicing in accordance with the system and the method of present invention.

[FIG. 10]

FIG. 10 is a configuration to illustrate another embodiment of the system and the method of the present invention for use with time-frequency-code slicing.

[DESCRIPTION OF REFERENCE NUMERALS]

40 OVERALL TIME-FREQUENCY SPECTRUM

42 FREQUENCY BAND

44 TIME SLOT

FIG. 1

1- RADIO FREQUENCY BAND, 2- FRAME,
TIME SLOT 1 --- TIME SLOT 8

FIG. 2

1- RADIO FREQUENCY CHANNEL, 2- BANDWIDTH OF EACH CHANNEL IS LESS
THAN 30 KHZ (RESPECTIVE DIRECTIONS), 3- EACH OF ALL VOICE
CIRCUITS IS A COMPLETELY RELAYED CONTINUOUS TRANSMISSION
CIRCUIT AND ONE CIRCUIT PER A RADIO FREQUENCY CHANNEL, 10-
FREQUENCY DOMAIN, 12- FREQUENCY 1 --- FREQUENCY N, 14- CONTROL
CIRCUIT, VOICE CIRCUIT

FIG. 3

20- REAL TIME, 22- FRAME, 24- TIME SLOT, 28- (PROTECTION BAND),
30- DATA, 31- UNIVERSAL TIME SLOT, 32- VOICE, 33- IMAGE, 34-
VOICE

FIG. 4

1- PROTECTION BAND, 2- LOW SPEED HEAD, 3- HIGH SPEED HEAD, 4
PROTECTION BAND, 5- PACKET, 6- SLOT

FIG. 5

1- FREQUENCY BAND, 2- TIME SLOT, 46- HIGH SPEED USER, 48- MEDIUM
SPEED USER, 50- LOW SPEED USER, 100- CONTROL

FIG. 6

1- FREQUENCY BAND, 2- TIME SLOT, 46- HIGH SPEED USER, 48- MEDIUM

SPEED USER, 50- LOW SPEED USER

FIG. 7

1- FREQUENCY BAND, 2- TIME SLOT, 46- HIGH SPEED USER, 48- MEDIUM SPEED USER, 50- LOW SPEED USER

FIG. 8

1- FREQUENCY BAND, 2- TIME SLOT, 46- HIGH SPEED USER, 48- MEDIUM SPEED USER, 50- LOW SPEED USER

FIG. 9

1- CN DENOTES THE NTH NUMBER, 2- CODE SPACE, 3- TIME SLOT, 46- HIGH SPEED USER, 48- MEDIUM SPEED USER, 50- LOW SPEED USER

FIG. 10

1- CODE SPACE, 2- FREQUENCY BAND, 3- TIME SLOT, 46- HIGH SPEED USER, 48- MEDIUM SPEED USER, 50- LOW SPEED USER

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.